



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of )  
Hang-woo LEE et al. ) Group Art Unit: Unknown  
Application No.: To Be Assigned ) Examiner: Unknown  
Filed: October 25, 2000 )  
For: TRIODE FIELD EMISSION DISPLAY )  
USING CARBON NANOTUBES )

#3 PRIORITY  
paper  
2-14-01  
R. Stokes

CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed:

Korean Patent Application No. 00-9394

Filed: February 25, 2000

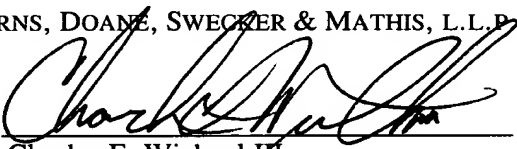
In support of this claim, enclosed is a certified copy of said prior foreign application. Said prior foreign application was referred to in the oath or declaration. Acknowledgment of receipt of the certified copy is requested.

Respectfully submitted,

BURNS, DOANE, SWEETZER & MATHIS, L.L.P.

Date: October 25, 2000

By:

  
Charles F. Wieland III  
Registration No. 33,096

P.O. Box 1404  
Alexandria, Virginia 22313-1404  
(703) 836-6620

## **KOREAN INDUSTRIAL PROPERTY OFFICE**

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Industrial Property Office.

Application Number: Patent Application No. 00-9394

Date of Application: 25 February 2000

Applicant(s): Samsung SDI Co., Ltd.

29 March 2000

**COMMISSIONER**

1020000009394

2000/3/3

[Document Name] Patent Application

[Application Type] Patent

[Receiver] Commissioner

[Reference No.] 0009

[Filing Date] 2000.02.25

[IPC] H01L

[Title] Triode structure field emission display using carbon nanotube

[Applicant]

[Name] Samsung SDI Co., Ltd.

[Applicant code] 1-1998-001805-8

[Attorney]

[Name] Young-pil Lee

[Attorney's code] 9-1998-000334-6

[General Power of Attorney Registration No.] 1999-050326-4

[Attorney]

[Name] Hyok-gun Cho

[Attorney's code] 9-1998-000544-0

[General Power of Attorney Registration No.] 2000-004538-0

[Attorney]

[Name] Hae-young Lee

[Attorney's code] 9-1999-000227-4

[General Power of Attorney Registration No.] 2000-004535-8

[Inventor]

[Name] LEE, Hang Woo

[I.D. No.] 690621-1057416

[Zip Code] 442-470

[Address] 516-102 Jugong Apt., Youngtong-dong, Paldal-gu  
Suwon-city, Kyungki-do

[Nationality] Republic of Korea

[Inventor]

[Name] LEE, Nae Sung

1020000009394

2000/3/3

[I.D. No.] 620301-1224311  
[Zip Code] 121-080  
[Address] 241-12 Daeheung-dong, Mapo-gu, Seoul  
[Nationality] Republic of Korea

[Inventor]

[Name] CHOI, Yong Soo  
[I.D. No.] 641115-1251814  
[Zip Code] 151-057  
[Address] 296 Bongcheon 7-dong, Kwanak-gu, Seoul  
[Nationality] Republic of Korea

[Inventor]

[Name] KIM, Jong Min  
[I.D. No.] 560513-1001911  
[Zip Code] 463-480  
[Address] 305-1006 Halla Apt., Keumgok-dong, Bundang-gu  
Seongnam-city, Kyungki-do  
[Nationality] Republic of Korea

[Application Order]

I/We file as above according to Art. 42 of the Patent Law.  
Attorney Young-pil Lee  
Attorney Hyok-gun Cho  
Attorney Hae-young Lee

[Fee]

[Basic page]	13 Sheet(s)	29,000 won
[Additional page]	0 Sheet(s)	0 won
[Priority claiming fee]	0 Case(s)	0 won
[Examination fee]	0 Claim(s)	0 won
[Total]	29,000 won	

[Enclosures]

1. Abstract and Specification ( and Drawings)\_1 copy



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

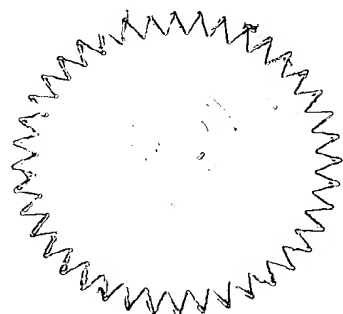
This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Industrial  
Property Office.

출원 번호 : 특허출원 2000년 제 9394 호  
Application Number

출원 년 월 일 : 2000년 02월 25일  
Date of Application

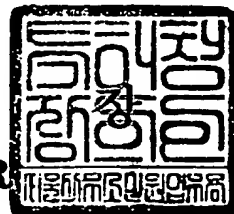
출원인 : 삼성에스디아이 주식회사  
Applicant(s)

2000 년 03 월 29 일



특 허 청

COMMISSIONER



【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0009
【제출일자】	2000.02.25
【국제특허분류】	H01L
【발명의 명칭】	카본 나노튜브를 이용한 3전극 전계 방출 표시소자
【발명의 영문명칭】	Triode structure field emission display using carbon nanotube
【출원인】	
【명칭】	삼성에스디아이 주식회사
【출원인코드】	1-1998-001805-8
【대리인】	
【성명】	이영필
【대리인코드】	9-1998-000334-6
【포괄위임등록번호】	1999-050326-4
【대리인】	
【성명】	조혁근
【대리인코드】	9-1998-000544-0
【포괄위임등록번호】	2000-004538-0
【대리인】	
【성명】	이해영
【대리인코드】	9-1999-000227-4
【포괄위임등록번호】	2000-004535-8
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이항우
【성명의 영문표기】	LEE, Hang Woo
【주민등록번호】	690621-1057416
【우편번호】	442-470
【주소】	경기도 수원시 팔달구 영통동 주공아파트 516동 102호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이내성
【성명의 영문표기】	LEE, Nae Sung

【주민등록번호】	620301-1224311
【우편번호】	121-080
【주소】	서울특별시 마포구 대흥동 241-12
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	최용수
【성명의 영문표기】	CHOI, Yong Soo
【주민등록번호】	641115-1251814
【우편번호】	151-057
【주소】	서울특별시 관악구 봉천7동 296
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김종민
【성명의 영문표기】	KIM, Jong Min
【주민등록번호】	560513-1001911
【우편번호】	463-480
【주소】	경기도 성남시 분당구 금곡동 한라아파트 305동 1006호
【국적】	KR
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대리인 필 (인) 대리인 조혁근 (인) 대리인 이해영 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	13 면 29,000 원
【가산출원료】	0 면 0 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	0 항 0 원
【합계】	29,000 원
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통

**【요약서】****【요약】**

본 발명은 전자 방출 특성이 우수한 카본 나노 튜브(carbon nanotube)를 이용한 3극 전계 방출 표시소자(field emitter display)를 기재한다. 본 발명에 따른 카본나노튜브를 이용한 3전극 전계 방출 소자는 양극이 형성된 전면기판 상의 양극 주변에 방출 전자를 제어하는 추출전극을 형성함으로써, 2전극 전계 방출 소자와 같은 단순한 구조를 가져 카본나노튜브의 기상증착법에 의한 제작공정이 용이하면서도 추출전극에 의한 양극 전류 제어가 가능하므로 대면적의 전계 방출 표시소자를 간단하게 제작할 수 있다.

**【대표도】**

도 2

도 3



## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

카본 나노튜브를 이용한 3전극 전계 방출 표시소자{Triode structure field emission display using carbon nanotube}

## 【도면의 간단한 설명】

도 1은 기존의 카본나노튜브를 이용한 2극 구조 전계 방출 표시소자의 개략적 단면도,

도 2는 본 발명에 따른 카본나노튜브를 이용한 3극 구조 전계 방출 표시소자의 개략적 단면도,

도 3은 도 2의 3극 구조 전계 방출 표시소자에서 일정 추출(extraction) 전압에 따른 양극 전압 0V에서의 카본나노튜브 방출 전자 궤적을 시뮬레이션한 결과 그래프,

도 4는 도 2의 3극 구조 전계 방출 표시소자에서 일정 추출(extraction) 전압에 따른 양극 전압 700V에서의 카본나노튜브 방출 전자 궤적을 시뮬레이션한 결과 그래프,

그리고 도 5는 2극 구조와 3극 구조의 카본 나노 튜브 전계 방출 소자에 대한 추출 전압 변동에 따른 양극 전압-전류 특성 곡선을 나타낸 그래프이다.

## &lt; 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 &gt;

- |                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| 1. 전면유리기판                | 2. 양극                        |
| 3. 형광체                   | 4. 카본나노튜브                    |
| 5. 음극                    | 6. 배면유리기판                    |
| 7. 양극 전압(Anode voltage)원 | 8. 추출전압(Extraction voltage)원 |

- |                           |                               |
|---------------------------|-------------------------------|
| 11. 전면유리기판                | 12. 양극                        |
| 13. 형광체                   | 14. 카본나노튜브                    |
| 15. 음극                    | 16. 배면유리기판                    |
| 17. 양극 전압(Anode voltage)원 | 18. 추출전압(Extraction voltage)원 |
| 21. 추출(Extraction )전극     |                               |

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<16> 본 발명은 전자 방출 특성이 우수한 카본 나노 튜브(carbon nanotube)를 이용한 3극 전계 방출 표시소자카본 나노튜브를 이용한 3전극 전계 방출 표시소자(Triode structure Field emission display using carbon nanotube)에 관한 것이다.

<17> 기존의 전계 방출 표시소자(field emission display; FED)에서는 주로 Mo등 금속이나 Si등의 반도체 물질로 만들어진 스피트(Spind't)형 전계 방출 어레이(field emitter array; FEA), 즉 일정한 간격으로 배열된 마이크로팁에 게이트를 이용하여 강한 전기장을 걸어 줌으로써 마이크로팁으로부터 전자를 방출시킨다. 이렇게 방출된 전자는 수백 내지 수천 볼트(volt)의 전압이 걸려 있는 양극(anode)으로 가속되어 양극에 도포되어 있는 형광체와 충돌하므로써 빛을 발하

게 된다. 이러한 기존의 방식의 전계 방출 표시소자의 마이크로팁에 사용되는 금속이나 반도체 물질은 일함수가 크기 때문에 전자방출을 위한 게이트 전압이 상당히 높아야 하고, 진공중의 잔류 가스 입자들이 전자들과 충돌하여 이온화되고 이들 가스 이온들이 마이크로팁들을 때림(bombard)으로써 마이크로팁에 손상(damage)을 주게 되므로 이 전자방출원으로서의 마이크로팁이 파괴되기도 한다. 또한 전자에 의해 충돌된 형광체 입자가 떨어져나와 마이크로팁을 오염시키므로 전자방출원의 성능을 저하시키기도 한다. 이러한 일련의 문제점들은 FEA의 성능과 수명을 저하시키기도 한다. 이러한 문제점을 극복하기 위해, 기존의 금속이나 반도체 물질 대신 전자 방출 전압이 낮고 화학적 안정성이 뛰어난 카본 나노 튜브(carbon nanotube)를 이용하여 마이크로팁을 제조하면 FEA의 성능과 수명을 향상시킬 수 있다.

<18> 카본나노튜브(Carbon nanotube)를 증착하는 기술로는 현재 아크 방전(arc discharge), 레이저 용탈(laser ablation) 등이 가장 보편적으로 사용되고 있으나 이러한 방법은 낮은 가격으로 카본나노튜브를 대량 생산하는데 문제가 있을 뿐 만 아니라 구조제어(structure control)도 어려운 문제점이 있다. 최근들어 이러한 문제점을 극복하기 위한 방법으로 기상 증착법이 개발되고 있으며 이러한 방법에는 열화학기상증착(thermal CVD)(Appl. Phys. Lett. 67, 2477 (1995)), MPECVD(Appl. Phys. Lett. 72, 3437 (1998)), 이온빔 방사(ion beam irradiation)(Appl. Phys. Lett. 69, 4174 (1996)) 등이 있다.

<19> 전자 방출원 재료로 각광을 받아온 다이아몬드 막(diamond film)의 전자 방출 전계가 대략  $10\text{V}/\mu\text{m}$  정도인데 비하여 카본나노튜브는  $1\text{V}/\mu\text{m}$  이하의 전계에서도 전자가 쉽게 방출되는 특성을 가지고 있어 차세대 전자 방출원 재료로 각광을 받고 있다.

<20> 도 1은 기존의 카본나노튜브를 이용한 전계 방출 표시 소자의 개략적 구조를 보여주는 단면도이다. 도시된 바와 같이, 기존의 카본나노튜브를 이용한 전계 방출 소자는 일정한 간격으로 서로 대향되게 배치된 전면기관(1) 및 배면기관(6), 이 두 기관 사이의 대향면 상에 각각 형성된 양극(2) 및 음극(5), 그리고 양극(2) 상에 도포된 형광체(3)와 음극(5) 상에 도포된 카본나노튜브(4)를 구비하는 2극 구조를 갖는다.

<21> 이러한 카본나노튜브를 이용한 전계 방출 표시 소자를 제작함에 있어서, 문제는 카본나노튜브를 제어할 수 있는 방법을 사용하여 대면적에 낮은 가격으로 증착하는 것이다. 이러한 목적을 위해서는 기상증착법을 사용하여야 할 것으로 판단된다. 기상증착법에서도 아크 방전(arc discharge)이나 레이저 용발(laser ablation)법과 마찬가지로 Ni, Fe 등의 전이 금속(transition metal)이나 CoSi<sub>2</sub> 등의 실리사이드(silicide)를 촉매로 사용하고 있다. 아직까지는 어떤 패터닝된 구조 위가 아니라 위의 2극 구조나 다름없는 랜덤(random)한 형태로 카본나노튜브를 증착하고 있는 실정이다. 이러한 2극 구조는 절연층이나 게이트와 같은 3극 구조의 적층들이 구비될 필요가 없으므로 기상증착법으로 쉽게 제작할 수 있다. 그러나 이와 같이 단순한 2극 구조로는 방출전자를 제어하는데 어려움이 따르므로 표시소자로서의 기능을 원활히 수행하기는 어렵다.

<22> 이러한 제어된 구조의 카본나노튜브를 이용한 전계 에미터(field emitter)로는 미국특허 US 5,773,834호에 기재되어 있는 것이 유일하다. 이 특허에서는 게이트 전극으로 그물(net) 형태의 그리드(grid)를 사용하고 있는 3극 구조로서 방출전자의 제어는 용이할지 모르나 기상증착법으로 쉽게 제작할 수 있는 2극 구조에 가까운 단순한 구조는 아니다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<23> 본 발명은 상기와 같은 문제점을 개선하고자 창안한 것으로, 방출전자의 제어가 용이한 3극 구조이면서 2극 구조에 가까운 단순한 구조를 가져 카본나노튜브를 대면적에 낮은 가격으로 증착할 수 있는 카본나노튜브를 이용한 3극 전계 방출 표시소자를 제공하는데 그 목적이 있다.

【발명의 구성 및 작용】

<24> 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 카본나노튜브를 이용한 3극 전계 방출 표시소자는, 일정한 간격을 두고 서로 대향하도록 배치된 전면 기판 및 배면 기판; 상기 배면 기판 상에 형성된 음극; 상기 음극 상에 형성된 카본 나노 튜브; 상기 전면기판 상에 형성된 양극; 상기 양극 상에 형성된 형광체; 및 상기 전면기판 상의 상기 양극과 일정한 간격으로 이격된 상면에 형성된 추출전극;을 구비한 것을 특징으로 한다.

<25> 또한, 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 다른 카본나노튜브를 이용한 3극 전계 방출 표시소자는, 일정한 간격을 두고 서로 대향하도록 배치된 전면 기판 및 배면 기판; 상기 배면 기판 상에 스트라이프 상으로 형성된 음극라인들; 상기 음극라인 상에 일정한 간격으로 형성된 카본 나노 튜브; 상기 전면기판 상에 상기 음극라인들과 교차하는 방향의 스트라이프 상으로 형성된 양극라인들; 상기 양극라인들 상에 형성된 형광체; 및 상기 전면기판 상의 상기 양극라인과 일정한 간격으로 이격된 상면에 상기 양극라인들과 나란한 방향의 스트라이프 상으로 형성된 추출전극;을 구비한 것을 특징으로 한다.

- <26> 이하 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 카본나노튜브를 이용한 3극 전계 방출 표시소자를 상세하게 설명한다.
- <27> 도 2는 본 발명에 따른 카본나노튜브를 이용한 3전극 전계 방출 표시소자의 개략적 구조를 보여주는 수직 단면도이다. 본 발명에 따른 3전극 전계 방출 표시소자는 우수한 전자방출 특성을 갖은 카본나노튜브(carbon nanotube)를 기상증착법으로 음극상에 증착하고 양극과 동일평면 상의 주위에 게이트 역할을하는 추출전극을 배치한 3극(triode)형의 전자 방출 구조를 갖는 것을 특징으로 한다.
- <28> 즉, 도식된 바와 같이, 배면유리기판(16) 위에 투명전극이나 금속등을 이용하여 도전성 음극라인(cathode line)(5)을 형성시키고, 그 위에 카본 나노 튜브(14)를 위치시킨다. 그리고 전면유리기판(11) 위에 카본 나노 튜브(14)를 항상 전자를 방출할 수 있도록 여기시키기 위한 추출(extraction)전극(21)을 위치시키고, 양극(anode)(12) 위에 형광체(13)를 도포하여, 추출(extraction)전극(21)사이에 형성시킨다. 이러한 구조 내에서 추출(extraction)전극(21)에 일정 전압  $V_e(18)$ 을 인가시키고, 양극(anode) 전압  $V_a(17)$ 를 변화시키면, 도 3 및 도 4에 도식된 바와 같은 전자의 궤적을 얻는다. 이 전자궤적은 시뮬레이션(simulation)에 의하여 얻어진 결과이다.
- <29> 도 3은 양극 전압이 0V 일 때의 방출전자의 궤적으로서 양극 전압이 추출 전극의 전압(400V) 보다 낮으므로 카본나노튜브로부터 방출된 전자들이 추출전극 쪽으로 많이 분산됨을 알 수 있다.
- <30> 그러나, 도 4는 양극 전압이 700V 일 때의 방출전자의 궤적으로서 양극 전압이 추출 전극의 전압(400V) 보다 높으므로 카본나노튜브로부터 방출된 전자들이 양극 쪽으로 많이 집속됨을 알 수 있다. 이러한 결과로부터 추출전극에 인가되는 전압을 제어함으로

써 양극상의 형광체에 충돌하는 전자의 양을 제어할 수 있음을 알 수 있다.

<31> 실제로 도 5는 이러한 결과를 뚜렷하게 보여준다. 즉, 도 5는 도 2에 도시된 바와 같은 3극관 구조의 전계 방출 소자를 실제 제작하여 얻은 방출(emission) 특성 그래프로서, 추출전극에 인가되는 전압  $V_e$ 의 값에 따라 양극 전압에 따른 양극 전류의 값을 나타낸다. 결과적으로 추출전극 전압  $V_e$ 를 각각 400V, 450V 및 500V로서 각 50V씩 상승시켜 인가하였을 때, 양극 전압에 따른 양극 전류는 전형적인 3극관 형태의 전압-전류 특성 곡선을 나타내고 있다. 여기서, 양극 전압이 높을수록 양극 전류값이 증가하며, 또한 추출전극 전압  $V_e$ 가 커질수록 방출 전자들이 추출전극 쪽으로 분산되어 양극 전류가 줄어들음을 알 수 있다.

#### 【발명의 효과】

<32> 이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 카본나노튜브를 이용한 3전극 전계 방출 소자는 양극이 형성된 전면기판 상의 양극 주변에 방출 전자를 제어하는 추출전극을 형성함으로써, 2전극 전계 방출 소자와 같은 단순한 구조를 가져 카본나노튜브의 기상증착법에 의한 제작공정이 용이하면서도 추출전극에 의한 양극 전류 제어가 가능하므로 대면적의 전계 방출 표시소자를 간단하게 제작할 수 있다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

일정한 간격을 두고 서로 대향하도록 배치된 전면 기판 및 배면 기판;

상기 배면 기판 상에 형성된 음극;

상기 음극 상에 형성된 카본 나노 튜브;

상기 전면기판 상에 형성된 양극;

상기 양극 상에 형성된 형광체; 및

상기 전면기판 상의 상기 양극과 일정한 간격으로 이격된 상면에 형성된  
추출전극;을

구비한 것을 특징으로 하는 카본나노튜브를 이용한 3극 전계 방출 표시소자.

**【청구항 2】**

일정한 간격을 두고 서로 대향하도록 배치된 전면 기판 및 배면 기판;

상기 배면 기판 상에 스트라이프 상으로 형성된 음극라인들;

상기 음극라인 상에 일정한 간격으로 형성된 카본 나노 튜브;

상기 전면기판 상에 상기 음극라인들과 교차하는 방향의 스트라이프 상으로 형성  
된 양극라인들;

상기 양극라인들 상에 형성된 형광체; 및

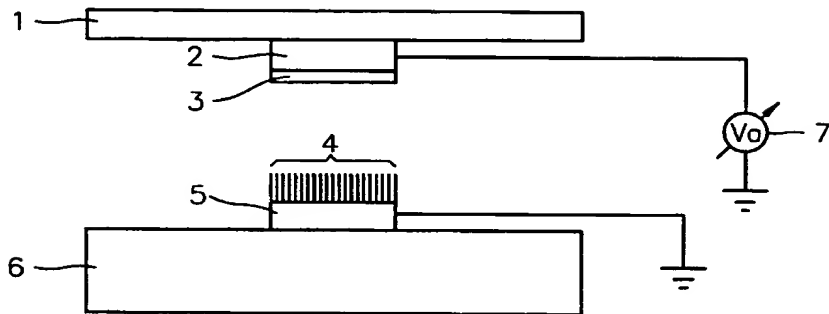
상기 전면기판 상의 상기 양극라인과 일정한 간격으로 이격된 상면에 상기 양극라  
인들과 나란한 방향의 스트라이프 상으로 형성된 추출전극;을



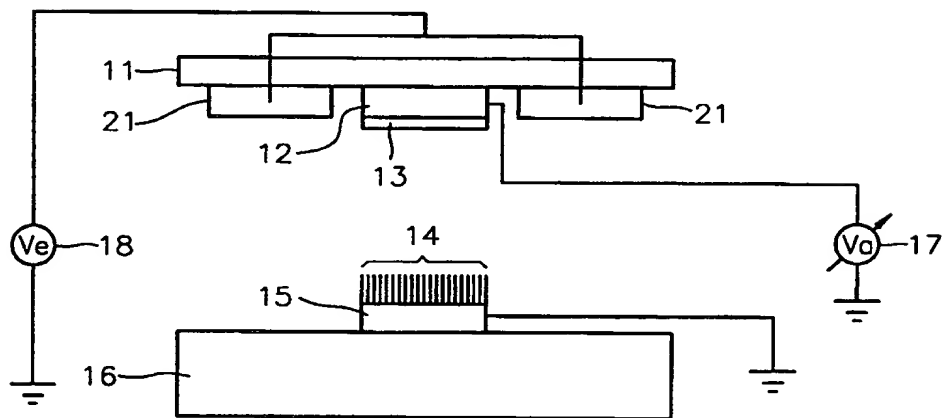
구비한 것을 특징으로 하는 카본나노튜브를 이용한 3극 전계 방출 표시소자.

## 【도면】

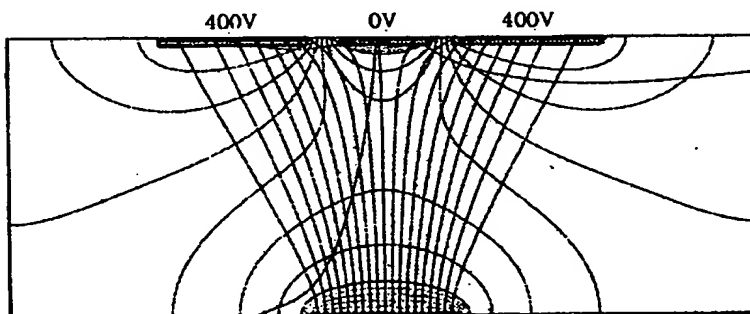
【도 1】



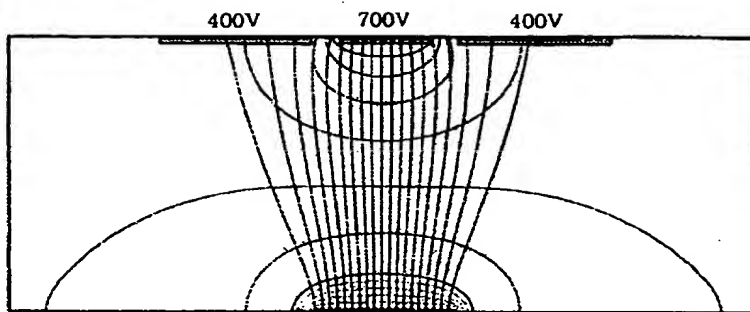
【도 2】



【도 3】



【도 4】



【도 5】

